

A2

SINGLE CRYSTAL PULLING APPARATUS

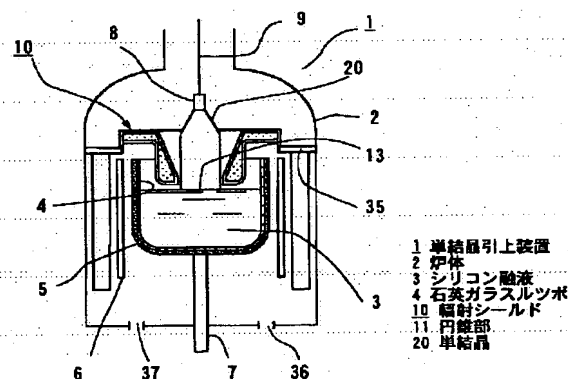
Patent Number: JP2000119089
Publication date: 2000-04-25
Inventor(s): MATSUYAMA SHUNICHIRO
Applicant(s): TOSHIBA CERAMICS CO LTD
Requested Patent: ☐ JP2000119089
Application Number: JP19980288209 19981009
Priority Number(s):
IPC Classification: C30B15/00; C30B29/06; H01L21/208
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To speed up the growth of a single crystal and also to lengthen the lifetime of a radiation shield by forming beveled part so as to reduce the diameter of cylindrical part of the radiation shield having the shape of a frustum of a cone and having an opening for a single crystal to pass through.

SOLUTION: When a single crystal pulling apparatus has a three-layered radiation shield 10 including a heat-insulating material installed above a silicon melt surface 13 for the purpose of effectively shutting out primary radiant heat from the melt 3 to a single crystal 20, of retaining the temperature of the conical part of the shield 10 so as to be low and of effectively shutting out secondary radiant heat from the conical part to the single crystal 20, the temperature gradient of the single crystal 20 in its axial direction increases and high-speed crystal pulling is made to become possible at high rate of single crystal. Effective exhaust is carried out by beveling or rounding the outskirts of the bottom of the shield 10 (e.g. by forming a cylindrical arc) so as to enlarge the breather path, and therefore it is possible to prevent SiO₂ from sticking to the shield 10 and also to prevent the SiO₂ from dropping from the shield 10 to the melt surface 13 thus inducing the dislocation.

Data supplied from the esp@cenet database - I2



【特許請求の範囲】

【請求項1】 炉体内に設けられた石英ガラスルツボを加熱してこの石英ガラスルツボに装填されたポリシリコンを溶融し、半導体単結晶を引上げる単結晶引上装置において、前記石英ガラスルツボの上方に輻射シールドを設置し、この輻射シールドは、単結晶が貫通する開口部を有する逆截頭円錐形状の円錐部と、この円錐部の下端に連通し、円錐部の下端から放射状に水平外方に延び、かつ前記ポリシリコン融液表面との間に通路を形成するようにポリシリコン融液表面と対向して設けられた水平部と、前記石英ガラスルツボの内表面との間に通路を形成するように石英ガラスルツボの内表面に対向する円筒状の直胴部と、この直胴部と円錐部および水平部で形成される中空部に充填された断熱材とよりなり、前記水平部と直胴部の連通部に直胴部が単結晶の中心線方向に向かって縮径するように設けられた角取部を形成したことを特徴とする単結晶引上装置。

【請求項2】 前記角取部を円弧部で形成したことを特徴とする請求項1に記載の単結晶引上装置。

【請求項3】 前記角取部を円弧部で形成し、この円弧部の曲率半径が、ポリシリコン融液表面と水平部間に形成される通路および石英ガラスルツボの内表面と直胴部間に形成される通路の空間距離よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の単結晶引上装置。

【請求項4】 前記角取部を傾斜部で形成したことを特徴とする請求項1に記載の単結晶引上装置。

【請求項5】 前記角取部を傾斜部で形成し、この傾斜部の水平投影長さおよび垂直投影長さをポリシリコン融液表面と水平部間に形成される通路および石英ガラスルツボの内表面と直胴部間に形成される通路の空間距離よりも大きくしたことを特徴とする請求項4に記載の単結晶引上装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は単結晶引上装置に係わり、特に輻射シールドを改良した単結晶引上装置に関する。

【0002】

【従来の技術】一般にシリコンウェーハ用の単結晶引上げは、チョクラスキー法（CZ法）により行われている。

【0003】従来の単結晶引上装置において、単結晶引上げ速度の低下を防ぐため等の目的で図4に示されるように、単結晶引上装置60の石英ガラスルツボ61の上方に石英ガラスルツボ61やシリコン融液62の融液表面63から単結晶64への輻射熱を遮蔽し、単結晶引上げ速度の低下を防ぐため、単結晶64を囲繞するように1層の金属板により形成された逆截頭円錐形状の輻射シールド65を設けている。

【0004】このような従来の単結晶引上装置60にあ

っては、単結晶引上げ速度の低下を防止する効果はあるが、融液表面63から単結晶64に向けて反射される放射熱により、あるいは輻射シールド65自体が高温に加熱される結果、二次輻射熱が単結晶64に向けて放射され、単結晶64に対する冷却効果が不足して結晶品質の低下が避けられず、また十分な高速引上げが得られない。

【0005】上述従来形状の輻射シールド65を有する単結晶引上装置60を改良するものとして、特公平5-35715号公報に記載され、図5に示すような形状の輻射シールド70を有する単結晶引上装置71が提案されている。図5に示すような従来の単結晶引上装置71の輻射シールド70は、この輻射シールド70の内面側72と外面側73の間に、融液表面74に近づくに従って、一部または全体に亘って厚さを大きくした断熱材75を設けたものである。このような輻射シールド70を有する単結晶引上装置71は輻射熱の断熱性能が向上し結晶成長速度の高速化は容易に図れるが、単結晶引上装置71内を満たす不活性ガスは輻射シールド70の下部76と融液表面74間に形成される空間距離d2および輻射シールド70の外面側73と石英ガラスルツボ77の内壁面78間に形成される空間距離d3を通過するが、このとき流れ方向が水平方向から垂直上昇方向に変わる下方のL字部79では、ガス流れに乱れを生じ、さらに通路の断面積が小さいことから、ガス流れの乱れが増幅され、効果的な排気がなされなくなる。排気が不十分になる結果、石英ガラスルツボ77から発生し、不活性ガス中に含まれたSiO₂が輻射シールド70、特にL字部79に付着し、輻射シールド70の短寿命化やSiO₂の融液表面74への落下による転位の誘発を招き、単結晶引上げの生産性を低下させる問題があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】そこで、結晶成長速度の高速化が容易に図れ、かつ、不活性ガスの効果的な排気がなされ、不活性ガス中に含まれたSiO₂により輻射シールドの短寿命化を防ぎ、さらに、SiO₂の融液表面への落下を防ぎ単結晶引上げの生産性を高めた単結晶引上装置が要望されていた。

【0007】本発明は上述した事情を考慮してなされたもので、単結晶の高速引上げが可能で、かつ、転位の誘発を防いで単結晶引上げの生産性を高め、さらに輻射シールドの長寿命化を図った単結晶引上装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上述目的を達成するためになされた本願請求項1の発明は、炉体内に設けられた石英ガラスルツボを加熱してこの石英ガラスルツボに装填されたポリシリコンを溶融し、半導体単結晶を引上げる単結晶引上装置において、前記石英ガラスルツボの上方に輻射シールドを設置し、この輻射シールドは、単結

品が貫通する開口部を有する逆截頭円錐形状の円錐部と、この円錐部の下端に連通し、円錐部の下端から放射状に水平外方に延び、かつ前記ポリシリコン融液表面との間に通気路を形成するようにポリシリコン融液表面と対向して設けられた水平部と、前記石英ガラスルツボの内表面との間に通気路を形成するように石英ガラスルツボの内表面に対向する円筒状の直胴部と、この直胴部と円錐部および水平部で形成される中空部に充填された断熱材とよりなり、前記水平部と直胴部の連通部に直胴部が単結晶の中心線方向に向かって縮径するように設けられた角取部を形成したことを特徴とする単結晶引上装置であることを要旨としている。

【0009】本願請求項2の発明は、前記角取部を円弧部で形成したことを特徴とする請求項1に記載の単結晶引上装置であることを要旨としている。

【0010】本願請求項3の発明は、前記角取部を円弧部で形成し、この円弧部の曲率半径が、ポリシリコン融液表面と水平部間に形成される通気路および石英ガラスルツボの内表面と直胴部間に形成される通気路の空間距離よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の単結晶引上装置であることを要旨としている。

【0011】本願請求項4の発明は、前記角取部を傾斜部で形成したことを特徴とする請求項1に記載の単結晶引上装置であることを要旨としている。

【0012】本願請求項5の発明は、前記角取部を傾斜部で形成し、この傾斜部の水平投影長さおよび垂直投影長さをポリシリコン融液表面と水平部間に形成される通気路および石英ガラスルツボの内表面と直胴部間に形成される通気路の空間距離よりも大きくしたことを特徴とする請求項4に記載の単結晶引上装置であることを要旨としている。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係わる単結晶引上装置の第1の実施の形態について添付図面に基づき説明する。

【0014】図1は本発明に係わる単結晶引上装置1で、この引上装置1は水冷された炉体2と、この炉体2に収納され原料であるポリシリコンを溶融し溶融シリコン3にする石英ガラスルツボ4と、この石英ガラスルツボ4を保持する黒鉛ルツボ5と、この黒鉛ルツボ5を囲繞するヒータ6とを有している。引上装置1は内側に石英ガラスルツボ4が外側に黒鉛ルツボ5が配置されて二重層構造に構成されている。この黒鉛ルツボ5は炉体2を貫通し、モータ（図示せず）に結合されて回転され、かつ昇降装置（図示せず）によって昇降されるルツボ回転軸8に取り付けられている。

【0015】このルツボ回転軸7により回転される石英ガラスルツボ4の上方には、単結晶引上げのためのシールド8が取り付けられた引上げ用のワイヤー9が設けられている。このワイヤー9は炉体2外に設けられモータ

（図示せず）により付勢されワイヤー9を巻き取ると共に回転させるワイヤー回転装置（図示せず）が取り付けられている。

【0016】また、石英ガラスルツボ4およびシリコン融液3の上方には、このシリコン融液3からの熱輻射を防止し、かつ炉体2内を流れる不活性ガス、例えばアルゴンガス（以下Arという。）の通気を制御する輻射シールド10が設けられている。

【0017】図2に拡大して示すように、輻射シールド10は、輻射シールド10の内面11を形成し、単結晶20が貫通する開口部12を有する逆截頭円錐形状の円錐部11と、この円錐部11の下端に連通しこの円錐部11の下端から放射状に水平外方に延び、かつ前記融液表面13に対向する水平部14と、前記石英ガラスルツボ4の内表面15に対向し垂直に延びる円筒状の直胴部16と、この直胴部16と前記円錐部11および水平部14で形成される中空部17に充填された断熱材18とより形成されている。従って、輻射シールド10は円錐部11と直胴部16と断熱材18で3重層に形成され、断熱性が強化されている。

【0018】さらに、水平部14と直胴部16が連通する連通部19には直胴部16が単結晶20の中心線方向に向かって縮径するように設けられた角取部、例えば円筒状の円弧部19が形成されている。

【0019】また、円錐部11と直胴部16の上端部22、23からは、各々放射状に水平外方に延びる環状、鋸状あるいはフランジ形状のリム部24、25が設けられ、これらの環状リム部24、25から下方に延びる円筒状の支持部26とで断熱材27充填用の中空部28が形成されるように設けられている。

【0020】上述のように単結晶20の中心線方向に向かって縮径するように設けられた円筒状の円弧部19は、この円弧部19の外側面の水平投影長さはA、垂直投影長さはBに設計されており、すなわちA=Bで円弧部19の曲率半径になるように設計されている。

【0021】一方、輻射シールド10の取付は、開口部12の内側壁面30と単結晶20の外壁側壁31間に空間距離D1の通気路32、回転軸7を上昇させることにより常時ほぼ一定の高さに維持される融液表面13と水平部14間に空間距離D2の通気路33、および直胴部16と石英ガラスルツボ4の内壁面15間に空間距離D3の通気路34が形成されるように支持部26を介して炉体2の取付部35に取り付けられている。

【0022】ここで各空間距離の間にA=B>D2、D3の関係が成り立つように輻射シールド10の取り付ける。

【0023】なお、36は炉体2の炉底部37に設けられた排気口である。

【0024】本発明に係わる単結晶引上装置1は上述のような構造になっているから、シリコン単結晶20を引

上げるには、ナゲット状ポリシリコンを石英ガラスツボ4に入れ、Arを炉体2の上方より炉体2内に流入させ、ヒータ6を付勢して石英ガラスツボ4を加熱し、モータを付勢してこのモータに結合された回転軸7を回転させて石英ガラスツボ4を回転させる。

【0025】一定時間が経過した後、シード軸9を下ろし、種結晶を融液表面13に接触させ、単結晶20を成長させ、単結晶20を引上げる。

【0026】この単結晶引上げ工程において、輻射シールド10が融液表面13の上方に設けられているので、シリコン融液3から単結晶20の一次輻射熱は効果的に遮断される。さらに輻射シールド10は断熱材18を含む3重層で形成されているので、輻射シールド10の円錐部11の温度は低く抑えられ、この円錐部11から単結晶20への二次輻射熱も効果的に遮断され、単結晶20の縦軸方向の温度勾配が大きくなり、高速引上げで単結晶化率の高い結晶引上げが可能となる。

【0027】一方、炉体2上部から導入された不活性ガス、例えばArはシード軸10、シリコン単結晶20に沿って降下し、輻射シールド10に設けられた開口部12に形成される通気路32さらに通気路33および通気路34を経て、炉体2の底部38に設けられた排気口12から炉体2外に排出される。

【0028】上述のようなArの炉体2流通過程において、通気路33と通気路34間に形成されるコーナ部、すなわちArの流れ方向が水平方向から垂直上昇方向に変わる位置、輻射シールド10の底部外周側に円弧部19を周方向に設け通気路33と通気路34を拡大したので、Arの流れに乱れが生じることがなく排気が十分効果的に行われ、一層単結晶化率の高い結晶引上げが可能となる。

【0029】さらに、輻射シールド10は底部外周側に円弧部19を設け、通気路33と通気路34を拡大し排気が十分効果的に行われるようにしたので、 SiO_2 が輻射シールド10に付着するのを防止して輻射シールド10の長寿命化を可能にし、さらに輻射シールド10に付着した SiO_2 が融液表面13に落下して転位の誘発を招くこともなく単結晶化率の高い結晶引上げが可能となる。

【0030】次に、本発明に係わる単結晶引上げ装置の他の実施の形態について説明する。

【0031】図3に示すように本発明に係わる単結晶引上げ装置38は、上述の実施の形態とほぼ同様の構造を有し、石英ガラスツボ39およびシリコン融液40の上方には、輻射シールド41が設けられている。図3に示すように、輻射シールド41は、単結晶42が貫通する開口部43を有する逆截頭円錐形状の内側の円錐部44と、直胴部45と、この直胴部45と円錐部44間に介設された断熱材46の3重層で形成されている。

【0032】さらに、内側の円錐部44と外側の直胴部

45間には水平部47と、この水平部47に連通し直胴部45が単結晶42の中心線方向に向かって縮径するように設けられた面取状の角取部、例えば傾斜部48が設けられ、この傾斜部48により水平部47の角取りがなされている。

【0033】上述のように単結晶42の中心線方向に向かって縮径するように設けられた傾斜部48は、この傾斜部48の外側面の水平投影長さはE、垂直投影長さはFに設計されている。

【0034】一方、輻射シールド41の取付は、開口部43の壁面部50と単結晶42の側壁51間に空間距離L1の通気路52、回転軸53を上昇させることにより常時ほぼ一定の高さに維持される融液表面54と水平部47間に空間距離L2の通気路55、および直胴部45と石英ガラスツボ39の内壁面56間に空間距離L3の通気路57が形成されるように取付部(図示せず)を介して支持板(図示せず)に取り付けられている。ここで各空間距離の間にE、 $F > L2$ 、 $L3$ の関係が成り立つように輻射シールド41を取り付ける。

【0035】輻射シールド41は上述のような構造になっているから、不活性ガス、例えばArの炉体58の通気過程において、通気路55と通気路57間に形成されるコーナ部59、すなわちArの流れ方向が水平方向から垂直上昇方向に変わる位置に傾斜部48を設け角取りをして通気路55、通気路57を拡大したので、Arの流れに乱れが生じることがなく排気が十分効果的に行われ、一層単結晶化率の高い結晶引上げが可能となる。

【0036】さらに、 SiO_2 が輻射シールド41に付着するのを防止して輻射シールド41の長寿命化を可能にし、さらに輻射シールド41に付着した SiO_2 が融液表面54に落下して転位の誘発を招くこともなく単結晶化率の高い結晶引上げが可能となる。

【0037】

【実施例】[実施例]

(試験方法)：第1の実施の形態の単結晶引上げ装置において、円弧部の外側面の水平投影長さA、垂直投影長さBを $A=B$ 、融液表面と水平部間の通気路の空間距離D2および直胴部と石英ガラスツボの内壁面間の通気路の空間距離D3としたとき、各空間距離の間に $A=B > D2$ 、 $D3$ の関係が成り立つように輻射シールドの取り付け、単結晶引上げ試験を行った。

【0038】(試験結果)：実施例は、従来の単層構造の輻射シールド(図4)を用いて単結晶を引上げた場合に比べて、単結晶引上げ速度が50%向上した。また、単結晶化率は100%であった。このように、引上げ速度については大幅な改善がみられ、単結晶化率も100%と好結果を得た。さらに、引上げ直後の輻射シールドを観察したが、輻射シールドのどの部分にも一切 SiO_2 が付着されておらず、効果的な排気がなされていることが立証された。

【0039】[比較例]

(試験方法)：実施例同様の試験であるが、各空間距離の間に $A=B<D2$ 、 $D3$ の関係が成り立つように輻射シールドの取り付け、単結晶引上げ試験を行った。

【0040】(試験結果)：従来の単層構造の輻射シールドを単結晶を引上げた場合に比べて、単結晶引上げ速度が50%向上した。単結晶化率は82%であった。このように、引上げ速度については大幅な改善がみられるが、引上げ直後の輻射シールドを観察では、輻射シールドの円錐部下部に SiO_2 の付着が確認され、効果的な排気がなされていないことが確認された。この円錐部下部に付着した SiO_2 が、融液表面に落下し、単結晶の転位発生の原因となり、単結晶化率が82%に低下したと考えられる。

【0041】

【発明の効果】本発明に係わる単結晶引上げ装置は、輻射シールドを3重層にしたので、融液表面、輻射シールドから単結晶への熱輻射は効果的に遮断され、単結晶の縦軸方向の温度勾配が大きくなり、高速引上げで単結晶化率の高い結晶引上げが可能となる。さらに、通気路と通気路との連通部に角取部を設け、通気路を拡大することにより十分な排気を行い、一層単結晶化率の高い結晶引上げを可能にし、また SiO_2 が輻射シールドに付着するのを防止して、輻射シールドの長寿命化を図り、さらに輻射シールドに付着した SiO_2 が融液表面に落下して単結晶の転位の誘発を防止して単結晶化率の高い結晶引上げが可能とした。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる単結晶引上げ装置の概略図。

【図2】図1の要部を拡大して示した断面図。

【図3】本発明に係わる単結晶引上げ装置の他に実施の形態の要部を拡大して示した断面図。

【図4】従来の単結晶引上げ装置の概略図。

【図5】従来の単結晶引上げ装置の概略図。

【符号の説明】

1 単結晶引上げ装置

2 炉体

3 熔融シリコン

4 石英ガラスルツボ

5 黒鉛ルツボ

6 ヒータ

7 ルツボ回転軸

8 シード

9 ワイヤ

10 輻射シールド

11 内面部

12 開口部

13 融液表面

14 水平部

15 内表面

16 直胴部

17 中空部

18 断熱材

19 連通部(円弧部)

20 単結晶

21 中心線

22 端部

23 端部

24 環状リム部

25 環状リム部

26 支持部

27 断熱材

28 中空部

30 壁面

31 側壁

32 通気路

33 通気路

34 通気路

35 取付部

36 排気口

37 炉底部

38 単結晶引上げ装置

39 石英ガラスルツボ

40 シリコン融液

41 輻射シールド

42 単結晶

43 開口部

44 円錐部

45 直胴部

46 断熱材

47 水平部

48 傾斜部

50 壁面部

51 側壁

52 通気路

53 回転軸

54 融液表面

55 通気路

56 内壁面

57 通気路

58 炉体

59 コーナ部

60 単結晶引上げ装置

61 石英ガラスルツボ

62 シリコン融液

63 融液表面

64 単結晶

65 輻射シールド

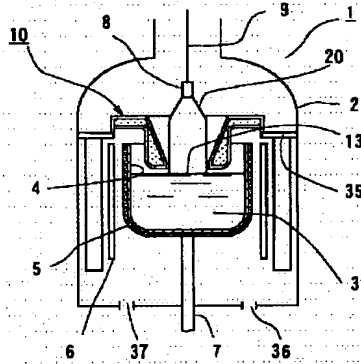
70 輻射シールド

71 単結晶引上げ装置

- 72 内面側
- 73 外面側
- 74 融液表面
- 75 断熱材

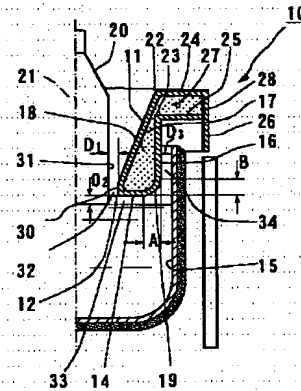
- 76 下端部
- 77 石英ガラススルツボ
- 78 内壁面
- 79 L字部

【図1】



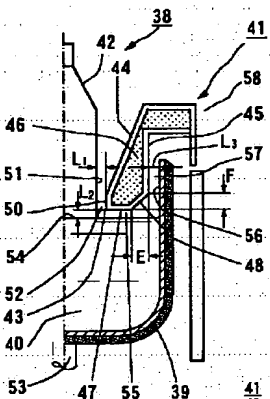
- 1 単結晶引上装置
- 2 炉体
- 3 シリコン融液
- 4 石英ガラススルツボ
- 10 輻射シールド
- 11 内腔部
- 20 単結晶

【図2】



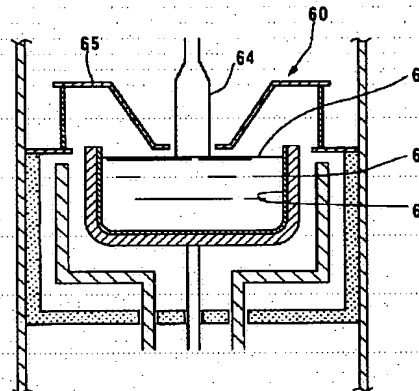
- 10 輻射シールド
- 11 内腔部
- 12 開口部
- 13 融液表面
- 14 水平部
- 15 内壁面
- 16 断熱材
- 17 中空部
- 18 断熱材
- 19 連通部(内弧部)

【図3】



- 41 輻射シールド
- 42 単結晶
- 43 開口部
- 44 内腔部
- 45 断熱材
- 46 融液表面
- 47 水平部
- 48 傾斜部

【図4】



【図5】

